

Material and heat exchange surface has coating layer of small solid state particles

Publication number: DE10141525 (A1)

Publication date: 2003-03-06

Inventor(s): PELTZER MATTHIAS [DE]; LAEVEMANN EBERHARD [DE] +

Applicant(s): ZAE BAYERN BAYERISCHES ZENTRUM [DE]; PELTZER MATTHIAS [DE] +

Classification:

- international: B01D53/26; F24F3/14; F28D21/00; F28F13/18; B01D53/26; F24F3/12; F28D21/00; F28F13/00; (IPC1-7): B01J10/00

- European: B01D53/26C; F24F3/14C; F28D21/00D; F28F13/18

Application number: DE20011041525 20010824

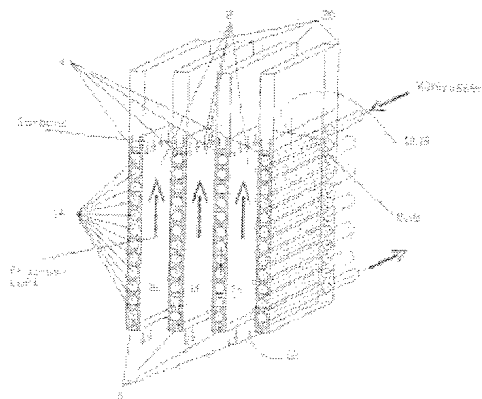
Priority number(s): DE20011041525 20010824

Also published as:

DE10141525 (B4)

Abstract of DE 10141525 (A1)

The exchange surface is part of a material and heat exchange reactor and forms a liquid film on a surface. the reactor has two channels systems separated by material but thermally connected. One system has gas passing through it, the other has liquid. The surfaces are on a double plate, and are coated with a thin layer of small solid-state particles so that there are clearances and cavities between the particles.



Data supplied from the *espacenet* database — Worldwide



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 101 41 525.7

(22) Anmeldetag: 24.08.2001

(43) Offenlegungstag: 06.03.2003

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 31.12.2009

(51) Int Cl.⁸: B01J 10/00 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

ZAE Bayern Bayerisches Zentrum für angewandte
Energieforschung eV, 80807 München, DE;
Peltzer, Matthias, 80801 München, DE

(74) Vertreter:

WINTER, BRANDL, FÜRNISS, HÜBNER, RÖSS,
KAISER, POLTE, Partnerschaft, 85354 Freising

(72) Erfinder:

Peltzer, Matthias, 80801 München, DE; Lävemann,
Eberhard, 80807 München, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

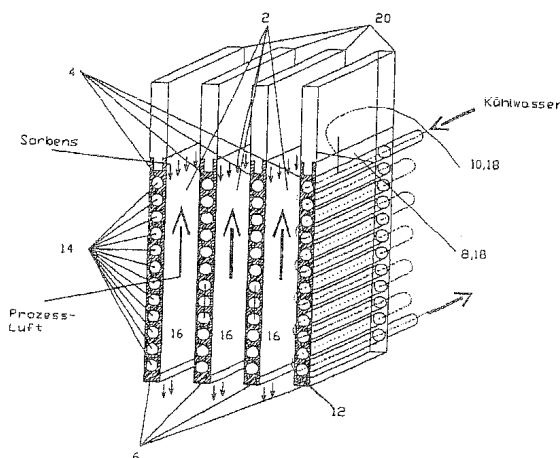
DE	101 22 329	A1
DE	100 23 218	A1
DE	44 05 669	A1
DE	43 21 743	A1
DE	691 01 298	T2
US	53 04 487	A
DE	100 36 602	A1
DD	2 33 641	A1
JP	10-1 85 488	A

(54) Bezeichnung: Stoff- und Wärmeaustauschreaktor

(57) Hauptanspruch: Stoff- und Wärmeaustauschreaktor
mit

zwei stofflich voneinander getrennten und thermisch miteinander gekoppelten Kanalsystemen (14, 16), von denen das eine Kanalsystem (Wärmeaustausch-Kanalsystem 14) von einem flüssigen oder gasförmigen Heiz- oder Kühlmedium (HKM) und das andere Kanalsystem (Stoffaustauschkanalsystem 16) von einem gasförmigen Medium (GM) und einem weiteren flüssigen Medium (FM) durchströmt ist,

wenigstens einer im wesentlichen senkrecht angeordneten Reaktordoppelplatte (2), die ein oberes Ende (4), ein unteres Ende (6), eine erste und eine zweite Hauptoberfläche (8, 10) und einen Zwischenraum (12) zwischen der ersten und zweiten Hauptoberfläche (8, 10) aufweist, wobei das Wärmeaustausch-Kanalsystem (14) in dem Zwischenraum (12) angeordnet ist, wobei wenigstens eine der Hauptoberflächen (8, 10) mit einem Material (21) beschichtet ist, wobei an der wenigstens einen Stoff- und Wärmeaustauscherfläche (18) das gasförmige Medium (GM) und das flüssige Medium (FM) im Gegenstrom geführt sind, und wobei am oberen Ende (4) der wenigstens einen Reaktordoppelplatte...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Stoff- und Wärmeaustauschreaktor nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren zur Entfeuchtung und Kühlung von Luft mit einem solchen Stoff- und Wärmeaustauschreaktor.

[0002] In lufttechnischen Anlagen zur Gebäudeklimatisierung und in der Prozeßtechnik besteht oft das Problem, daß ein bestimmter Luftstrom gekühlt und entfeuchtet werden soll. Zur Luftentfeuchtung finden Kontaktapparate Verwendung, in denen in der Luft befindlicher Wasserdampf an hygroskopischen Substanzen (Sorbentien) angelagert wird. Die während des Absorptionsprozesses durch Anlagern von Wasser gesättigten Sorbentien werden in einem anschließenden Desorptionsprozess regeneriert. Dabei wird des Sorbens, und/oder die mit dem Sorbens in Kontakt stehende Luft, auf eine sorbensspezifische Regenerationstemperatur aufgeheizt, wobei das Sorbens das Wasser wieder an die Luft abgibt. Das regenerierte Sorbens wird dann wieder der Absorption zugeführt.

[0003] In diesen Prozessen finden Absorber Verwendung, die entweder mit geeigneten hygroskopischen Flüssigkeiten (Fa. Kathabar Systems, USA; Fa. Albers Air, USA) oder mit hygroskopischen Feststoffen z. B. Fa. Munters Corporation, Schweden; Fa. Siegle & Epple, DE) arbeiten. Von der Firma Munters ist beispielsweise eine entsprechende Vorrichtung in dem US-Patent 4,002,040 A beschrieben. Es sind ebenfalls Anlagen bekannt, bei denen die sorbierende Flüssigkeit auf gekühlten und aufrecht stehenden Platten eines Plattenwärmetauscherpaktes verrieselt wird (Fa. Ficom Pty. Ltd., Australien). Auch sogenannte Dünnschichtapparate sind bekannt, bei denen ein flüssiges Sorbens mit Hilfe einer mechanischen Wischereinrichtung zu einem dünnen Film verteilt wird.

[0004] Diese genannten Vorrichtungen weisen folgende Nachteile auf, die insbesondere bei der Absorption bzw. Desorption von Wasserdampf mittels flüssiger Sorbentien zu Tage treten. Die verwendeten Sorbentien, in der Regel wässrige Salzlösungen, verhalten sich, besonders bei den höheren Temperaturen während der Desorption, extrem korrosiv. Daher müssen entweder spezielle, korrosionsfeste Stähle verwendet oder der Stahl mit einer Schutzschicht versehen werden (z. B. Emaille). Diese Maßnahmen sind sehr teuer. Wird auf andere, preisgünstigere Materialien, z. B. Kunststoffe ausgewichen, tritt das Problem auf, daß die Kunststoffoberflächen sehr schlecht von den Salzlösungen benetzt werden. Dies führt dazu, daß zur Erzeugung einer großen Stoffaustauschfläche um ein Vielfaches mehr Salzlösung auf diese Flächen aufgebracht werden muß, als für die Wasserdampfaufnahme nötig wäre. Ein Massenstromverhältnis von Luft- zu Salzlösung nahe dem idealen,

physikalisch notwendigen Massenstromverhältnis kann so nicht realisiert werden. Das bedeutet erhöhte Pumpenleistungen und erhöhte Kosten. Ferner kann eine wesentliche Änderung der Konzentration der Salzlösung nicht erfolgen, und damit ist auch eine preisgünstige Speicherung von Salzlösung und eine effektive Speicherung von Entfeuchtungsenergie nicht möglich. Weitere Gründe hierfür sind die oft ungünstige Führung der Medien, die einen optimalen Stoff und Wärmeaustausch verhindert.

[0005] Auch eine ausreichend hohe Temperaturspreizung des Heiz- und Kühlmediums wird meistens nicht erreicht, was den Kühlwasserbedarf erhöht und die flächenspezifische Effektivität der Rückkühlvorrichtung mindert. Auch dieses hat erhöhte Kosten zur Folge. Weiterhin werden durch Aufgabe des Sorbens mittels Verrieseln oder Versprühen frei von der Stoff- und Wärmeaustauscheroberfläche losgelöste Tropfen erzeugt, die teilweise durch den Luftstrom mitgerissen und aus dem Apparat ausgetragen werden, sofern sie nicht durch eine spezielle Abscheidevorrichtung zurückgehalten werden. Diese Abscheidevorrichtungen führen neben der Erhöhung der Herstellungskosten zu mehr Druckverlust in der Luftströmung und damit zu höheren Betriebskosten durch zusätzlich benötigte Ventilatorleistung.

[0006] Durch einen Wärme- und Stoffaustauschreaktor gemäß der DE 43 21 743 A1 sind ein Großteil dieser Probleme gelöst. Aus dieser Druckschrift ist ein Wärme- und Stoffaustauschreaktor bekannt, der zwei stofflich von einander getrennte und thermisch miteinander gekoppelte Kanalsysteme, nämlich ein Wärmeaustauschkanalsystem und ein Stoffaustauschkanalsystem aufweist. Der Reaktor besteht aus einer Mehrzahl von stapelförmig aufrecht im Abstand zueinander angeordneten Reaktordoppelplatten in deren Inneren das Wärmeaustausch-Kanalsystem ausgebildet ist und wobei zwischen zwei nebeneinander angeordneten Reaktordoppelplatten das Stoffaustauschkanalsystem ausgebildet ist. Am oberen Ende der senkrecht angeordneten Reaktordoppelplatten ist ein Flüssigkeitsverteiler angeordnet und die Außenseiten der Reaktordoppelplatten sind als Stoff- und Wärmeaustauscherflächen ausgebildet und werden durch den Flüssigkeitsverteiler benetzt. Um einen dünnen Film auf den Stoff- und Wärmeaustauscherflächen zu gewährleisten sind die Stoff- und Wärmeaustauscherflächen mit einem Vlies versehen, aufgeraut oder plasmabehandelt. Die Verwendung eines Vlieses führt zu einem vergleichsweisen "dicken" dünnen Flüssigkeitsfilm mit den obengenannten Nachteilen. Darüber hinaus besteht bei einem Vlies die Gefahr der Verschmutzung durch die in der zu entfeuchtenden Luft enthaltenen Schmutzpartikel. Das mechanische Aufräumen der Oberflächen der Reaktordoppelplatten bzw. der Stoff- und Wärmeaustauscherflächen führt zu Inhomogenitäten bzw. zu einer nicht kontinuierlichen und

vollständig bedeckenden Benetzung der Stoff- und Wärmeaustauscherflächen. Das gleiche gilt für die Oberflächenbehandlung mittels eines Plasmas.

[0007] Die DE 44 05 669 A1 offenbart, einen aus Metall bestehenden Wärmetauscher durch Eintauchen in eine Emulsion eines Adsorptionsmittels in einem Bindemittel (Klebstoff) mit einer weniger als 4 mm dicken Beschichtung zu versehen. Das Adsorptionsmittel in der Beschichtung weist Korngrößen zwischen 1 und 50 µm auf. Die Beschichtung deckt die metallische Oberfläche des Wärmetauschers vollständig ab.

[0008] Die DD 233 641 A1 schlägt vor, Siliziumkarbid-Teilchen in eine metallische, elektrolytisch auf eine andere Metalloberfläche eines Wärmetauschers aufgebraute Schicht einzubetten, um eine kerbenreiche Struktur an der Oberfläche zu schaffen. Dabei sind die SiC-Teilchen wesentlich kleiner als die erzeugte Schichtdicke.

[0009] Die JP 101 85 488 erörtert, eine Schicht auf der Oberfläche eines Kupferrohrs abzuscheiden und darauf eine poröse "Metalloxid-"(explizit auch SiO₂-)Schicht abzuscheiden. Dadurch wird die Oberfläche und letztlich die Effizienz des Wärmeaustauschs erhöht.

[0010] Die DE 691 01 298 T2 zeigt eine verbesserte Wärmeübertragungsfläche zum Kochen einer Flüssigkeit, bei der eine Mischung aus Kohlenstoff- und Metallpartikeln so auf einen Schichtträger aufgespritzt wird, dass die Kohlenstoffpartikel in die mit dem Schichtträger verbundene Grundmasse aus Metallpartikel eingebettet werden. Dabei werden vorzugsweise dünne Überzüge hergestellt, bei denen die Kohlenstoffpartikel der zu kochenden Flüssigkeit ausgesetzt sind.

[0011] Die US 5,304,487 A zeigt eine Vorrichtung zur Analyse einer flüssigen Probe. Die flüssige Probe wird dabei durch Kanäle geführt, die zuerst durch Bifurkation immer kleiner werden und anschließend in gleicher Weise wieder zusammengeführt werden.

[0012] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, den aus der DE 43 21 743 A1 bekannten Stoff- und Wärmeaustauschreaktor derart weiterzubilden, daß auf den Stoff- und Wärmeaustauscherflächen die Bildung eines sehr dünnen und kontinuierlich sich über die gesamte Stoff- und Wärmeaustauscherfläche erstreckenden Flüssigkeitsfilm gewährleistet wird.

[0013] Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt durch die Merkmale des Anspruchs 1.

[0014] Durch die Verwendung einer Beschichtung zur Verringerung der Oberflächenspannung der

Stoff- und Wärmeaustauscherflächen von kleinen und kleinsten Festkörperpartikeln wird ein sehr dünner und dennoch kontinuierlicher Flüssigkeitsfilm ermöglicht. Die einzelnen Festkörperpartikel sind hierbei nebeneinander und zumindest zum Teil aneinander anstoßend auf der Oberfläche eingeordnet, so daß sich zwischen den einzelnen Festkörperpartikeln Frei- und Hohlräume bilden bzw. verbleiben. Diese Frei- und Hohlräume erzeugen die Kapillarwirkung durch die eine vollständige Benetzung der Stoff- und Wärmeaustauscherflächen gewährleistet wird.

[0015] Diese Festkörperpartikel bilden durch ihre äußere Gestalt in Verbindung mit dieser unmittelbar benachbarten Anordnung, eine Zone starker Kapillarwirkung, die groß genug ist, die entnetzenden Kräfte, welche die Bildung eines geschlossenen Film verhindern, zu überwinden und einen geschlossenen Film zu erzeugen.

[0016] Gleichzeitig besitzt die Kontaktfläche Beschichtungskörper/Flüssigkeit, abhängig von den verwendeten Trägermaterialien, eine niedrigere Grenzflächenspannung als die unbeschichtete Kontaktfläche Trägermaterial/Flüssigkeit, was sich benetzungsfördernd und damit filmbildungsfördernd auswirkt.

[0017] Ist der Dampfdruck der benetzenden Flüssigkeit oder einer ihrer Komponenten, gegenüber dem umgebenden, gasförmigen Medium verschwindend klein, wird bei Betriebsstillstand des Apparates auf der Beschichtung befindliche Flüssigkeit, durch die starken kapillaren Kräfte, in den Hohl- und Freiräume zwischen den die Beschichtung bildenden Körpern, und der Trägerfläche festgehalten. Dadurch wird, bei erneutem Anfahren des Prozesses, eine sofortige Koaleszenz der frisch auf die Fläche aufgebrauchten Flüssigkeit mit der in der Beschichtung verbliebenen Flüssigkeit zu einem flächigen, geschlossenen Dünnsfilm erreicht.

[0018] Dadurch ist zusätzlich die Möglichkeit geschaffen das Verhältnis zwischen Gas und Flüssigkeitsmassenstrom, durch Variation der Flüssigkeitsmenge während des Betriebes, massiv zu verändern, ohne den geschlossenen Film zu zerstören.

[0019] Durch die Variation der Größen der verwendeten Beschichtungskörper kann die Beschichtung, in ihren filmerzeugenden Eigenschaften, auf Flüssigkeiten mit verschiedenen Stoffeigenschaften und auf verschiedene Prozeßführungen angepaßt werden.

[0020] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung nach Anspruch 2 sind die einzelnen Festkörperpartikel in etwa gleich groß. Dies fördert die Homogenität des Flüssigkeitsfilms. Hierbei ist es nicht notwendig, daß die einzelnen Festkörperpartikel die gleiche Form aufweisen oder regelmäßig ge-

formt sind.

[0021] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung nach Anspruch 3 bilden die Festkörperpartikel eine einlagige Schicht auf der Oberfläche der Reaktordoppelplatte bzw. auf der Stoff- und Wärmeaustauscherfläche. Durch die Einlagigkeit wird ein sehr dünner Dünnsfilm gewährleistet.

[0022] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die Festkörperpartikel Sandkörner von natürlichem Sand. Die Oberfläche der Stoff- und Wärmeaustauscherflächen entspricht daher der Oberfläche von Sandpapier. Sand ist preisgünstig und die Herstellungstechnologien für Sandpapier können bei der Herstellung der erfindungsgemäßen Stoff- und Wärmeaustauscherflächen genutzt werden.

[0023] Die übrigen Unteransprüche beziehen sich auf weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

[0024] Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung.

[0025] Es zeigt:

[0026] Fig. 1 eine schematische Darstellung einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung,

[0027] Fig. 2 eine schematische Schnittdarstellung durch eine der Stoff- und Wärmeaustauscheroberflächen,

[0028] Fig. 3 eine Aufsicht auf den Flüssigkeitsverteiler von vorne,

[0029] Fig. 4a ein Detail der Rückansicht des Flüssigkeitsvertellers,

[0030] Fig. 4b ein Schnitt durch die Darstellung in Fig. 4a entlang der Linie D-D;

[0031] Fig. 5a, b und c Schnittdarstellungen entlang der Linien A-A, B-B und C-C in Fig. 3;

[0032] Fig. 6 und Fig. 7 eine alternative Ausgestaltung des Flüssigkeitsvertellers; und

[0033] Fig. 8 ein Detail aus Fig. 3.

[0034] Die in Fig. 1 dargestellte beispielhafte Ausführungsform der Erfindung weist eine Mehrzahl von senkrecht, im Abstand nebeneinander angeordneten Reaktordoppelplatten 2 auf. Jede der Reaktordoppelplatten 2 weist ein oberes Ende 4, ein unteres Ende 6, eine erste und eine zweite Hauptoberfläche 8 bzw.

10 und einen Zwischenraum 12 zwischen der ersten und zweiten Hauptoberfläche 8 und 10 auf. Der Zwischenraum 12 ist als Wärmeaustauschkanalsystem 14 ausgebildet, daß beispielsweise von Wasser als Heiz- oder Kühlmedium HKM durchflossen wird. Zwischen den einzelnen Reaktordoppelplatten 2 ist ein Stoffkanalaustauschsystem 16 ausgebildet. Die ersten und zweiten Hauptoberflächen 8 und 10 der Reaktordoppelplatten 2 sind als Stoff- und Wärmeaustauscherflächen 18 ausgebildet. Die Stoff- und Wärmeaustauscherflächen 18 werden von oben her mit einem flüssigen Medium FM oder Sorbens ganzflächig benetzt. Von unten her strömt im Gegenstrom zwischen den Reaktordoppelplatten 2 ein gasförmiges Medium GM, daß im Falle der Absorption eine gasförmige Komponente an das Sorbens FM abgibt und im Falle der Desorption diese gasförmige Komponente von dem Sorbens FM wieder aufnimmt.

[0035] Am oberen Ende 4 der Reaktordoppelplatten 2 ist jeweils ein Flüssigkeitsverteiler 20 angeordnet, der das Sorbens FM über die gesamte Breite der Reaktordoppelplatten 2 auf allen Stoff- und Wärmeaustauscherflächen 18 zur Bildung eines dünnen Flüssigkeitsfilms bereitstellt. Details des Flüssigkeitsvertellers 20 werden in den Fig. 3, 4 und 5 beschrieben.

[0036] Die Stoff- und Wärmeaustauscherflächen 18 weisen eine Oberflächenbeschichtung 21 mit kleinen Festkörperpartikeln 22, z. B. Sandkörnern auf, wie dies schematisch in Fig. 2 dargestellt ist. Die Stoff- und Wärmeaustauscherflächen 18 weisen damit die Struktur bzw. Oberfläche von Sandpapier auf. Zwischen den einzelnen Festkörperpartikeln bzw. Sandkörnern 22 sind aufgrund der Form und der Nebeneinanderanordnung der Sandkörner 22 Frei- und Hohlräume 24 ausgebildet. Diese kleinen Frei- und Hohlräume 24 bedingen durch ihre Kapillarwirkung die gleichmäßige Verteilung des Sorbens FM in Form eines kontinuierlichen dünnen Flüssigkeitsfilms 26 auf den Stoff- und Wärmeaustauscherflächen 18. Wie in Fig. 2 dargestellt ist, sind die Sandkörner 22 einzeln nebeneinander auf den Stoff- und Wärmeaustauscherflächen 18 angeordnet. Durch diese einlagige Anordnung wird ein sehr dünner Flüssigkeitsfilm ermöglicht.

[0037] Die Beschichtung 21 bzw. die Sandkörner 22 werden mittels eines Klebers dauerhaft auf der Stoff- und Wärmeaustauscherfläche 18 fixiert. Alternativ kann die Beschichtung 21 auf einem nicht näher dargestellten Zwischenträger aufgebracht sein, der dann auf die Stoff- und Wärmeaustauscherflächen 18 aufgeklebt wird.

[0038] Die Fig. 3 bis 5 zeigen eine beispielhafte Ausgestaltung des Flüssigkeitsvertellers 20 mit dem das flüssige Sorbens FM vom oberen Ende 4 der Reaktordoppelplatten 2 auf die Stoff- und Wärmeaustauscherflächen 18 aufgebracht wird. Der Flüssig-

keitsverteiler **20** weist eine rechteckigen und plattenförmigen Grundkörper **27** mit einer Vorderseite **28** und einer Rückseite **29** auf. Die Breite b und Dicke d des Flüssigkeitsverteilers entspricht der Breite und Dicke der Reaktordoppelplatten **2**. An der Oberkante des Flüssigkeitsverteilers **20** sind in regelmäßigen Abständen vordere und hintere Flüssigkeitsaustrittsöffnungen **30** und **32** in gleichem Abstand nebeneinander angeordnet, wobei sich vordere und hintere Flüssigkeitsaustrittsöffnungen **30**, **32** in ihrer Abfolge abwechseln. Die vorderen Flüssigkeitsaustrittsöffnungen **30** benetzen daher die Vorderseite **28** des Flüssigkeitsverteilers **20** und die erste Hauptoberfläche **8** einer Reaktordoppelplatte **2** und die hinteren Flüssigkeitsaustrittsöffnungen **32** benetzen die Rückseite **29** und die zweite Hauptoberfläche **10**.

[0039] Den Flüssigkeitsaustrittsöffnungen **30** und **32** werden über ein Flüssigkeitszuleitungssystem **34** Flüssigkeit bzw. Sorbens FM zugeführt. Das Flüssigkeitszuleitungssystem **34**, das auf der Vorderseite **28** zu sehen ist, umfaßt eine gemeinsame Flüssigkeitshauptzuleitung **36** und eine Vielzahl von Flüssigkeitsunterzuleitungen **38**. Hierbei spaltet sich die Flüssigkeitshauptzuleitung **38** durch wiederholte Bisektion an Gabelungsstellen **40** in die Flüssigkeitsunterzuleitungen **38** auf, bis schließlich für jede der Flüssigkeitsaustrittsöffnungen **30** und **32** eine eigene Flüssigkeitsunterzuleitung **38** vorliegt. In der in Fig. 3 gezeigten Ausführungsform weist 64 Austrittsöffnungen **30** zur ersten Hauptoberfläche **8** hin auf und 64 Austrittsöffnungen **32** zur zweiten Hauptoberfläche **10** hin auf. Die Flüssigkeitshauptzuleitung **36** spaltet sich an der ersten Gabelungsstelle **40** in zwei Flüssigkeitsunterzuleitungen **38** auf, die sich noch fünf mal jeweils in zwei Flüssigkeitsunterzuleitungen **38** aufspalten bis für jede der 128 Flüssigkeitsaustrittsöffnungen **30** und **32** eine Flüssigkeitsunterzuleitung **38** vorliegt.

[0040] Die Flüssigkeitshauptzuleitung **36** weist eine über den oberen Kante des Flüssigkeitsverteilers **20** liegendes Anschlußstück **42** auf, über das das flüssige Sorbens FM eingespeist wird. Die Flüssigkeitshauptzuleitung **36** endet am tiefsten Punkt des Flüssigkeitszuleitungssystems **34** und die Flüssigkeitsunterzuleitungen **38** erstrecken sich ausschließlich in horizontaler oder in vertikaler Richtung nach oben entgegen der Schwerkraft. Durch diese Anordnung der Flüssigkeitsunterzuleitungen **38** wird eine Blasenbildung in dem Flüssigkeitszuleitungssystem **34** vermieden, was zu diskontinuierlicher Filmbildung führen könnte.

[0041] Wie aus den Detaildarstellungen in Fig. 5a und Fig. 5c zu ersehen ist, sind die Austrittsöffnungen **30** bzw. **32** nach außen hin konisch ausgebildet. Durch diese Formgebung wird Tropfenbildung beim Austreten des flüssigen Sorbens FM aus den Flüssigkeitsaustrittsöffnungen **30**, **32** vermieden und die gleichmäßige Benetzung der Stoff- und Wärmetau-

scherflächen **18** gewährleistet. Sowohl die Vorderseite **28** als auch die Rückseite **29** des Flüssigkeitsverteilers **20** sind in dem Bereich unter den Austrittsöffnungen **30** bzw. **32** mit der gleichen Beschichtung **21** versehen, wie die Wärmetauscherflächen **18**. Hierdurch wird eine kontinuierliche Filmbildung beginnend an den Austrittsöffnungen bis zum unteren Ende **6** der Wärmetauscherflächen **18** gewährleistet.

[0042] Der Flüssigkeitsverteiler **20** wird mittels eines Steckmechanismus **44** auf der jeweiligen Reaktordoppelplatte **2** aufgesteckt. Der Steckmechanismus **44** ist im Querschnitt betrachtet M-förmig – siehe Fig. 5a, Fig. 5b und Fig. 5c – und weist einen mittleren nach unten vorstehenden Steckstreifen **46** und links und rechts bzw. vorne und hinten einen vorderen Abdeckstreifen **48** und einen hinteren Abdeckstreifen **50** auf. Der vordere Abdeckstreifen **48** überlappt dabei die erste Hauptoberfläche **8** und der hintere Abdeckstreifen **50** überlappt die zweite Hauptoberfläche **10**.

[0043] Fig. 6 und Fig. 7 zeigen Schnittdarstellungen alternativer Ausführungsformen des Flüssigkeitsverteilers **20**. Die Ausführungsformen gemäß den Fig. 6 und Fig. 7 unterscheiden sich von der Ausführungsform nach Fig. 5 durch die Ausbildung der Flüssigkeitsaustrittsöffnungen **30** und **32**. Die vorderen und die hinteren Flüssigkeitsaustrittsöffnungen **30**, **32** liegen auf gleicher Höhe und sind nicht, wie bei der Ausführungsform nach

[0044] Fig. 5, seitlich zueinander versetzt. Bei der Ausführungsform nach Fig. 6 führen die unmittelbar mit den Austrittsöffnungen **30**, **32** verbundenen Flüssigkeitsunterzuleitungen schräg nach oben und außen. Bei der Ausführungsform nach Fig. 7 führen diese letzten Flüssigkeitsunterzuleitungen **38** waagrecht nach außen. Bei der Ausführungsform nach Fig. 7 ist die Gabelungsstelle **40** gerundet ausgebildet um Wirbel und Unregelmäßigkeiten in der Strömungsgeschwindigkeit zu vermeiden.

[0045] Fig. 8 zeigt eine Detaildarstellung aus Fig. 3 mit gerundeten Ausbildung der Gabelungsstellen **40**. Die Flüssigkeitsunterzuleitungen **38** weisen an den Gabelungsstellen keilförmige Einbuchtungen **52** auf, wodurch sich die gerundete Form der Gabelungsstellen ergibt.

[0046] Um ein Verstopfen der kleinsten Flüssigkeitsunterzuleitungen zu verhindern, wird der Mindestquerschnitt der kleinsten Flüssigkeitsunterzuleitung doppelt so groß wie die größten zu erwartenden Schmutzpartikelabmessungen gewählt (typischerweise 1 mm^2).

[0047] Der vorstehend beschriebene Stoff- und Wärmeaustauschreaktor ist insbesondere zur Entfeuchtung und Kühlung von Luft geeignet. Hierbei

wird die Luft auf sorptivem Weg entfeuchtet und dabei gleichzeitig eine sorptive Flüssigkeit, zumeist eine wässrige Lösung eines oder mehrerer Salze, stark verdünnt (Absorption) oder Luft befeuchtet und das verwendete Sorbens dabei stark aufkonzentriert (Desorption). Die Heiz- und Kühlflüssigkeit, welche in dem Wärmeaustauschkanalsystem 14 von dem flüssigen Sorbens FM und der Luft GM stofflich getrennt strömt, führt dem Sorptionsprozeß dabei Wärme zu oder ab (Desorption oder Absorption). Die Kühlflüssigkeit HKM wird zur Erreichung der maximalen Kühltemperaturspreizung, bei der Absorption im Gegenstrom oder Kreuzgegenstrom zu der Luft GM geführt. Bei der Desorption wird es im Gegenstrom oder Kreuzgegenstrom zum Sorbens FM geführt. Im Fall der Absorption wird dabei das konzentrierteste Sorbens am stärksten gekühlt, wodurch der Gleichgewichtsdampfdruck des Sorbens so niedrig wie möglich wird. Bei der Desorption wird dagegen das konzentrierteste Sorbens mit dem heißesten Heizmedium HKM in Kontakt gebracht, was die größte mögliche Gleichgewichtswasserdampfdruckerhöhung in dem Sorbens bewirkt. Beide Maßnahmen stellen jeweils das größtmögliche Stoffaustauschpotential des jeweiligen Prozesses (Absorption oder Desorption) zur Verfügung.

[0048] Die Stoff- und Wärmeaustauscherflächen 18, die gleichzeitig das Sorbens FM und die Luft GM von der Kühlflüssigkeit HKM stofflich trennen, stehen zum Zwischenraum 12 zwischen den Reaktordoppelplatten 2 hin vollständig mit dem Kühl- bzw. Heizmedium HKM in Kontakt und die andere Seite, d. h. die Stoff- und Wärmeaustauscherflächen 18, sind mit dem flüssigen Sorbens FM benetzt. Das flüssige Sorbens FM bildet auf den Stoff- und Wärmeaustauscherflächen 18 einen extrem dünnen, geschlossenen Film 26, der der Schwerkraft folgend an den Stoff- und Wärmeaustauscherflächen 18 herunterläuft. Durch diesen reinen Flüssigkeitskontakt sowohl auf der Innenseite als auch auf der Außenseite der Reaktordoppelplatten 2 wird ein hoher Wärmeübergangskoeffizient erzielt und damit ein hoher Wärmedurchgang von der Kühl- bzw. Heizflüssigkeit HKM durch die trennende Wand auf das Sorbens FM und auf die an dem Sorbensfilm 26 entlang streichende Luft GM erreicht. Dadurch wird gleichzeitig auch ein optimaler Stoffübergang erreicht. Der geschlossene Sorbensfilm 26 wird durch die spezielle Beschichtung 21 mit kleinen Festkörperpartikeln 22 erreicht, die bewirkt, daß eine extrem kleine Sorbensmenge FM die Wärmeaustauscherflächen 18 benetzt und gleichmäßig und kontinuierlich nach unten läuft. Die extrem kleine Sorbensmenge wird von dem Flüssigkeitsverteiler 20 von der Oberkante der Wärmeaustauscherflächen 18 her über die gesamte Breite der Reaktordoppelplatten 2 verteilt, ohne dabei Tropfen zu bilden, die von der Luftströmung mitgerissen werden könnten. Der Flüssigkeitsverteiler 20 ragt hierbei nicht oder nur minimal in den freien Luftströmungsquerschnitt zwi-

schen den Reaktordoppelplatten 2 hinein, so daß keine nennenswerte Beeinträchtigung der Strömung auftritt, die zu einer Erhöhung des Strömungsdruckverlustes führen würde.

[0049] Der gesamte Stoff- und Wärmeaustauschreaktor läßt sich aus Kunststoff herstellen und sehr dünn ausführen. Die Dicke der einzelnen Reaktordoppelplatten 2 beträgt beispielsweise 3 mm. In dem Zwischenraum 12 der Reaktordoppelplatten 2 sind in regelmäßigen Abständen Stege – nicht dargestellt – vorgesehen, der von der Kühlflüssigkeit HKM meanderförmig durchströmt wird. Das zwischen den Reaktordoppelplatten 2 ausgebildete Stoffaustauschkanalsystem 16 wird von der Luft GM entgegen der Schwerkraft und von dem flüssigen Sorbens FM mit der Schwerkraft in direktem, kontinuierlichen Gegenstrom durchströmt.

Bezugszeichenliste

2	Reaktordoppelplatte
4	oberes Ende von 2
6	unteres Ende von 2
8	erste Hauptoberfläche von 2
10	zweite Hauptoberfläche von 2
12	Zwischenraum in 2
14	Wärmeaustausch-Kanalsystem
16	Stoffaustausch-Kanalsystem
18	Stoff- und Wärmeaustauscherflächen
20	Flüssigkeitsverteiler
21	Beschichtung von 18, 2
22	kleine Festkörperpartikel, Sandkörner
24	Frei- und Hohlräume
26	Flüssigkeitsfilm aus Sorbens FM
27	Grundkörper von 20
28	Vorderseite
29	Rückseite
30	vordere Flüssigkeitsaustrittsöffnungen
32	hintere Flüssigkeitsaustrittsöffnungen
34	Flüssigkeitszuleitungssystem
36	Flüssigkeitshauptzuleitung
38	Flüssigkeitsunterzuleitungen
40	Gabelungsstellen
42	Anschlußstück von 36
44	Steckmechanismus
46	mittlerer Steckstreifen
48	vorderer Abdeckstreifen
50	hinterer Abdeckstreifen
52	keilförmige Einbuchtung

Patentansprüche

1. Stoff- und Wärmeaustauschreaktor mit zwei stofflich voneinander getrennten und thermisch miteinander gekoppelten Kanalsystemen (14, 16), von denen das eine Kanalsystem (Wärmeaustausch-Kanalsystem 14) von einem flüssigen oder gasförmigen Heiz- oder Kühlmedium (HKM) und das andere Kanalsystem (Stoffaustauschkanalsystem

16) von einem gasförmigen Medium (GM) und einem weiteren flüssigen Medium (FM) durchströmt ist, wenigstens einer im wesentlichen senkrecht angeordneten Reaktordoppelplatte (2), die ein oberes Ende (4), ein unteres Ende (6), eine erste und eine zweite Hauptoberfläche (8, 10) und einen Zwischenraum (12) zwischen der ersten und zweiten Hauptoberfläche (8, 10) aufweist, wobei das Wärmeaustausch-Kanalsystem (14) in dem Zwischenraum (12) angeordnet ist, wobei wenigstens eine der Hauptoberflächen (8, 10) mit einem Material (21) beschichtet ist, wobei an der wenigstens einen Stoff- und Wärmeaustauscherfläche (18) das gasförmige Medium (GM) und das flüssige Medium (FM) im Gegenstrom geführt sind, und wobei am oberen Ende (4) der wenigstens einen Reaktordoppelplatte (2) ein Flüssigkeitsverteiler (20) zum Erzeugen eines dünnen Flüssigkeitsfilms (26) aus dem flüssigen Medium (FM) auf der wenigstens einen Stoff- und Wärmeaustauscherfläche (8, 10) vorgesehen ist, da durch gekennzeichnet, dass die Beschichtung (21) auf der wenigstens einen Stoff- und Wärmeaustauscherfläche (18) eine einlagige Beschichtung (21) aus kleinen Festkörperpartikeln (22), die durch ihre äußere Gestalt in Verbindung mit ihrer unmittelbar benachbarten Anordnung und Befestigung an der Stoff- und Wärmetauscherfläche (18) eine Zone starker Kapillarwirkung bilden, aufweist, dass zwischen den einzelnen Festkörperpartikeln (22) aufgrund von deren Form und deren Anordnung Frei- und Hohlräume (24) verbleiben, und dass die Festkörperpartikel (22) Sandkörner sind.

2. Stoff- und Wärmeaustauschreaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Festkörperpartikel (22) aus Komponenten von natürlichem Sand, das heißt aus Silikat und/oder Aluminiumsilikat und/oder Siliziumdioxid, bestehen.

3. Stoff- und Wärmeaustauschreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Festkörperpartikel (22) mittels eines Haftmittels auf den Stoff- und Wärmeaustauscherflächen (18) befestigt sind.

4. Stoff- und Wärmeaustauschreaktor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Haftmittel ein Klebstoff ist.

5. Stoff- und Wärmeaustauschreaktor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Haftmittel eine Zwischenträgerfolie ist, in die die Festkörperpartikel (22) aus dieser hervorstehend eingebettet sind, und dass die Zwischenträgerfolie auf der Stoff- und Wärmeaustauscherfläche (18) befestigt ist.

6. Stoff- und Wärmeaustauschreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch ge-

kennzeichnet, dass die Stoff- und Wärmeaustauscherflächen (18) eine reversibel thermisch weiche oder reversibel chemisch weiche Oberfläche aufweisen, in die die Festkörperpartikel (22) aus der Oberfläche hervorstehend eingebettet sind.

7. Stoff- und Wärmeaustauschreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Mehrzahl von Reaktordoppelplatten (2) mit Abstand zueinander stapelförmig angeordnet sind, dass das gasförmige Medium (GM) entgegen der Schwerkraft von unten nach oben zwischen den einzelnen Reaktordoppelplatten (2) geführt ist, und dass das flüssige Medium (FM) in Richtung der Schwerkraft in einem dünnen Film (26) auf den Stoff- und Wärmeaustauscherflächen (18) geführt ist.

8. Stoff- und Wärmeaustauschreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Heiz- oder Kühlmedium (HKM) in dem Zwischenraum (12) der Reaktordoppelplatten (2) mäanderförmig von oben nach unten geführt ist.

9. Stoff- und Wärmeaustauschreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Reaktordoppelplatten (2) aus Kunststoff bestehen.

10. Stoff- und Wärmeaustauschreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Flüssigkeitsverteiler (20) aufweist:

eine gerade Anzahl von Flüssigkeitsaustrittsöffnungen, (30, 32) die in gleichem Abstand zueinander in einem oberen Randbereich (4) der Stoff- und Wärmeaustauscherfläche (18) angeordnet sind, ein Flüssigkeitszuleitungssystem (34), das ausgehend von einer gemeinsamen Flüssigkeitshauptzuleitung (36) durch wiederholte Bifurkation an Gabelungsteilen (40) in eine Mehrzahl von Flüssigkeitsunterzuleitungen (38) aufzweigt, bis schließlich jeweils eine Flüssigkeitsunterzuleitung (38) in eine der Flüssigkeitsaustrittsöffnungen (30, 32) mündet, wobei die Flüssigkeitsunterzuleitungen (38) unter den Flüssigkeitsaustrittsöffnungen (30, 32) angeordnet sind.

11. Stoff- und Wärmeaustauschreaktor nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Flüssigkeitsaustrittsöffnungen (30, 32) in den Flüssigkeitsverteiler (20) sich konisch nach außen öffnend ausgebildet sind.

12. Stoff- und Wärmeaustauschreaktor nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Summe der Längen der einzelnen Flüssigkeitsunterzuleitungen (38) von der Flüssigkeitshauptzuleitung (36) zu der jeweiligen Flüssigkeitsaustrittsöffnung

(30, 32) konstant ist.

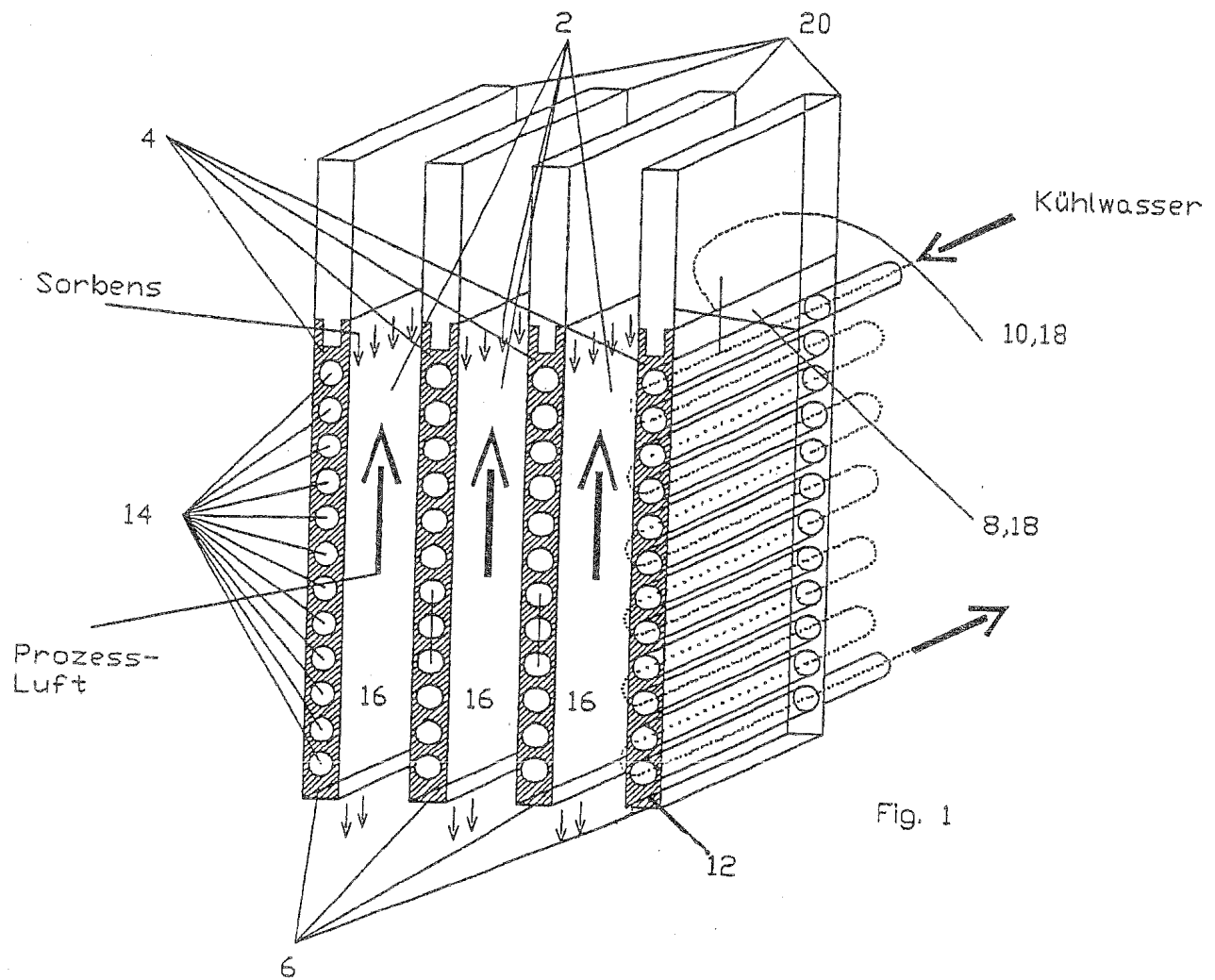
13. Stoff- und Wärmeaustauschreaktor nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die sich die Flüssigkeitsunterzuleitungen (38) in der betriebsbereiten Aufstellung des Reaktors ausschließlich in horizontaler oder in vertikaler Richtung so erstrecken, dass der Flüssigkeitsstrom gegen die Schwerkraft von unten nach oben oder senkrecht zur Schwerkraft quer geführt wird.

14. Stoff- und Wärmeaustauschreaktor nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Flüssigkeitsunterzuleitungen (38) an den Gabelungsstellen (40) gerundet ausgeführt sind.

15. Stoff- und Wärmeaustauschreaktor nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Querschnitte der Flüssigkeitsunterzuleitungen (38) sich bei jeder Bifurkation halbieren.

16. Stoff- und Wärmeaustauschreaktor nach einem der Ansprüche 10 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Flüssigkeitsverteiler mittels einer Befestigungsvorrichtung (44) an den Reaktordoppelplatten (2) befestigt ist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen



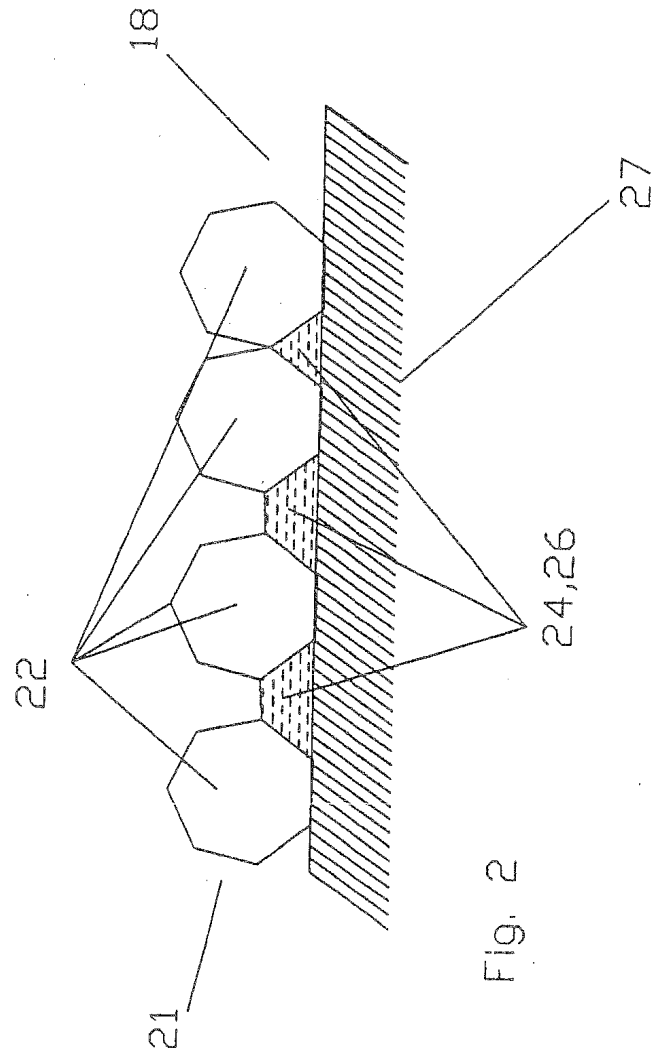


Fig. 2

Fig 3

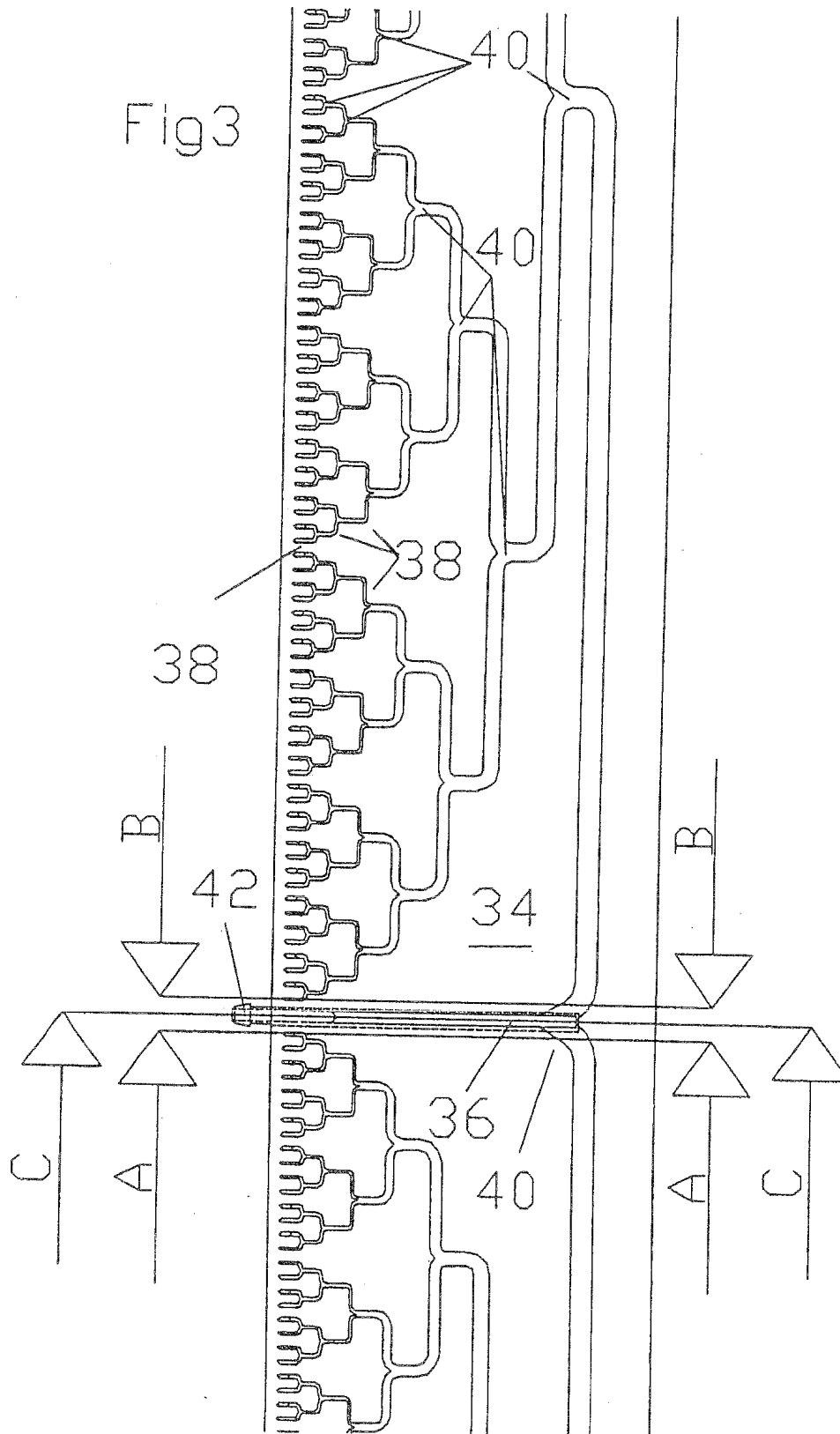
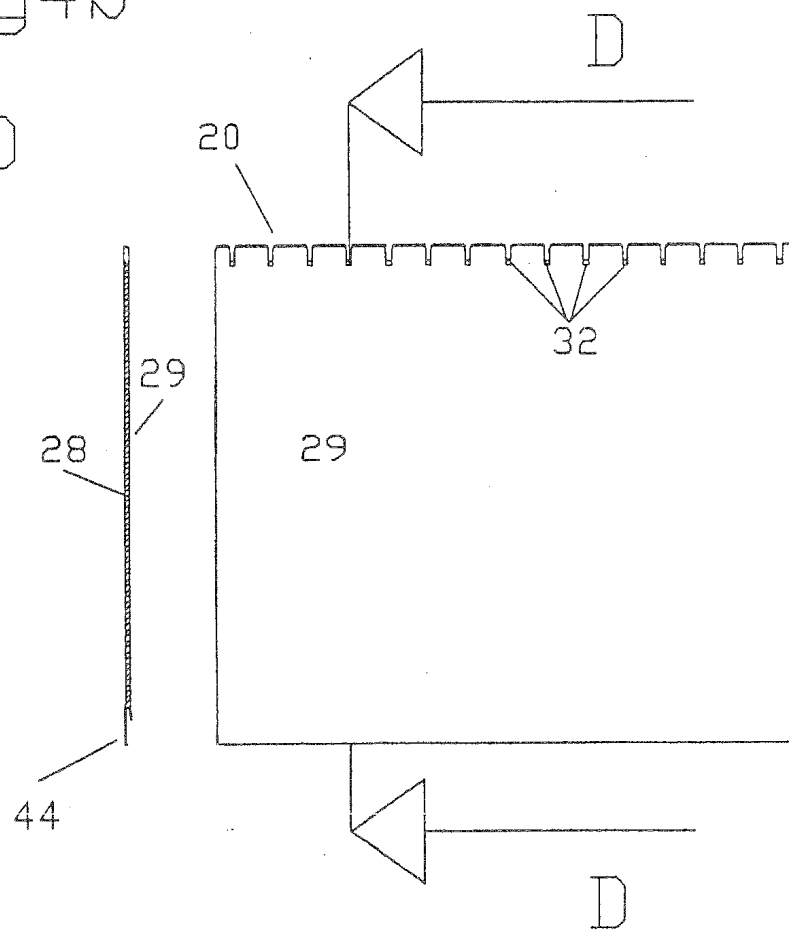


Fig4a

Fig4b

D-D



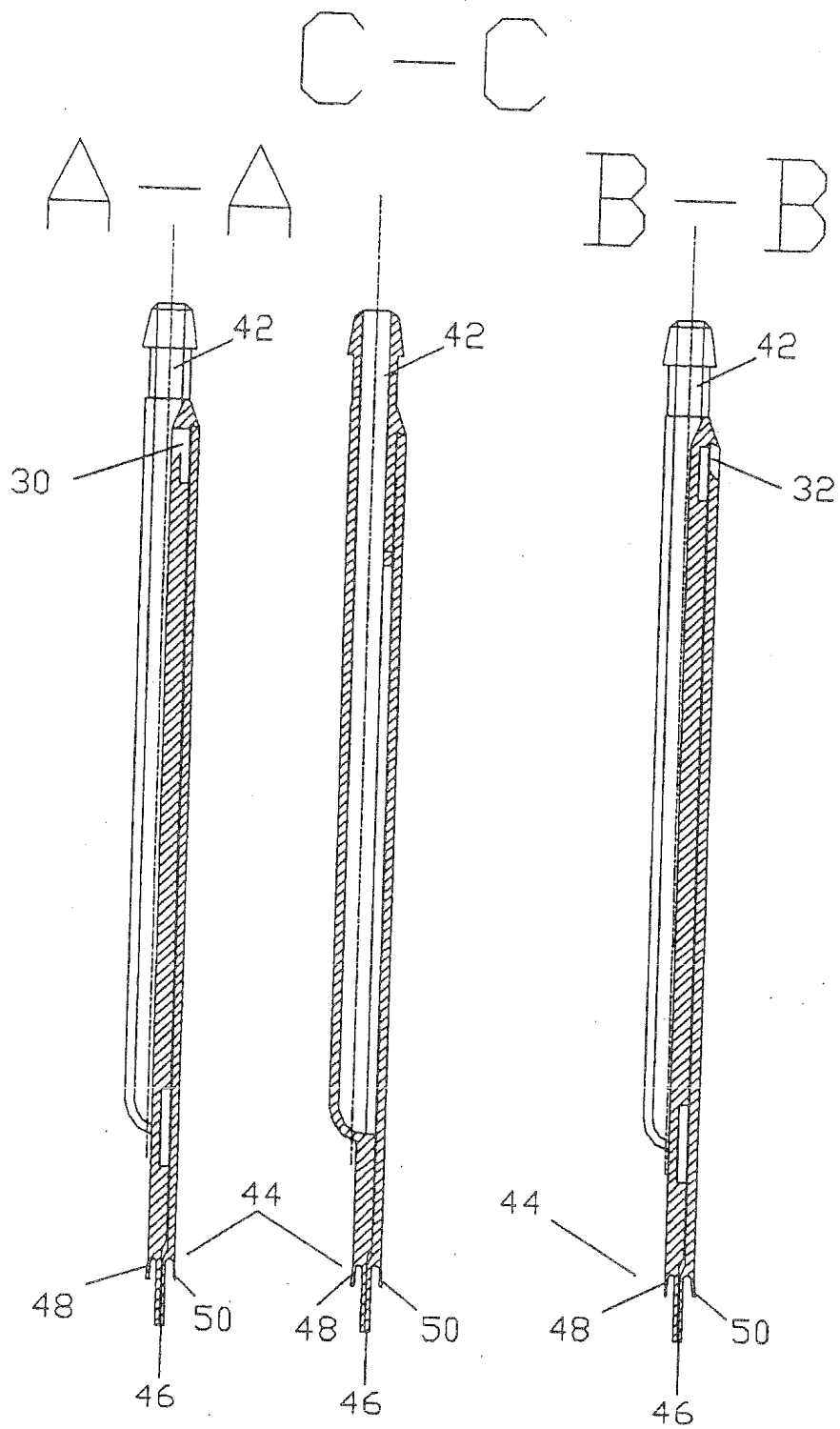
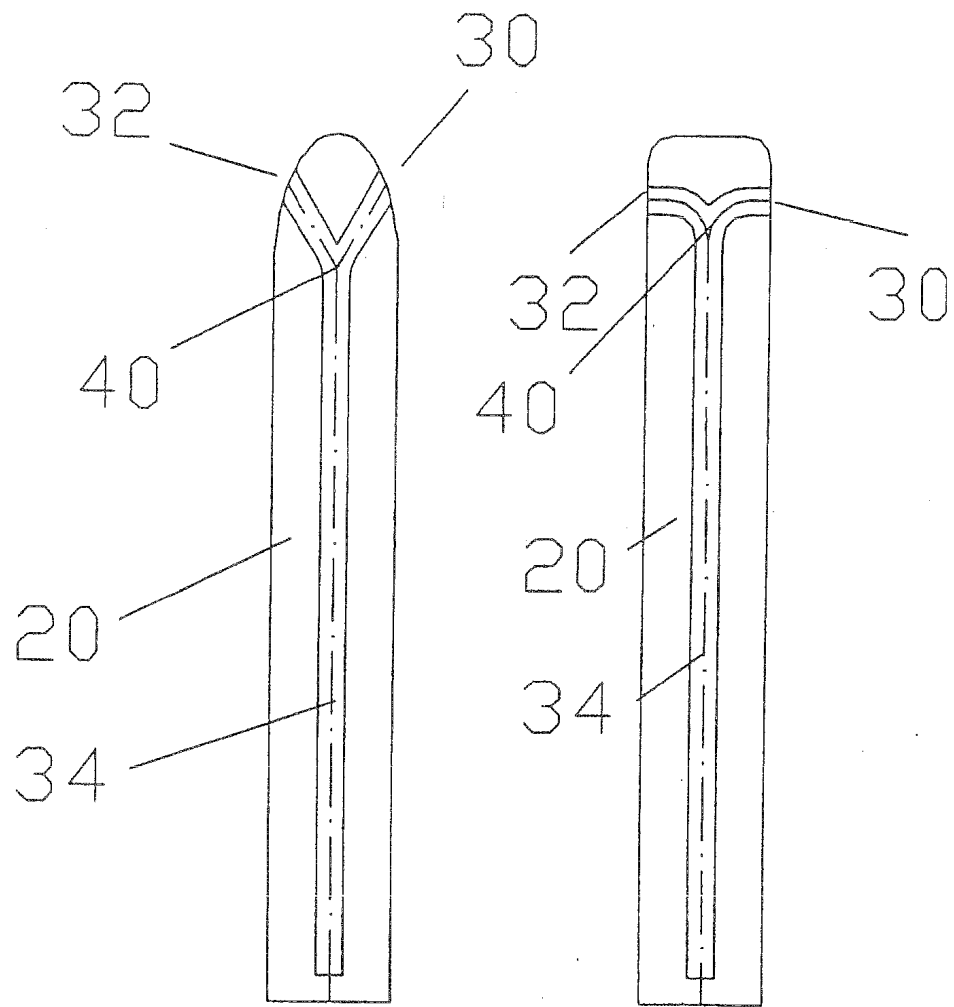


Fig5a

Fig5b

Fig5c



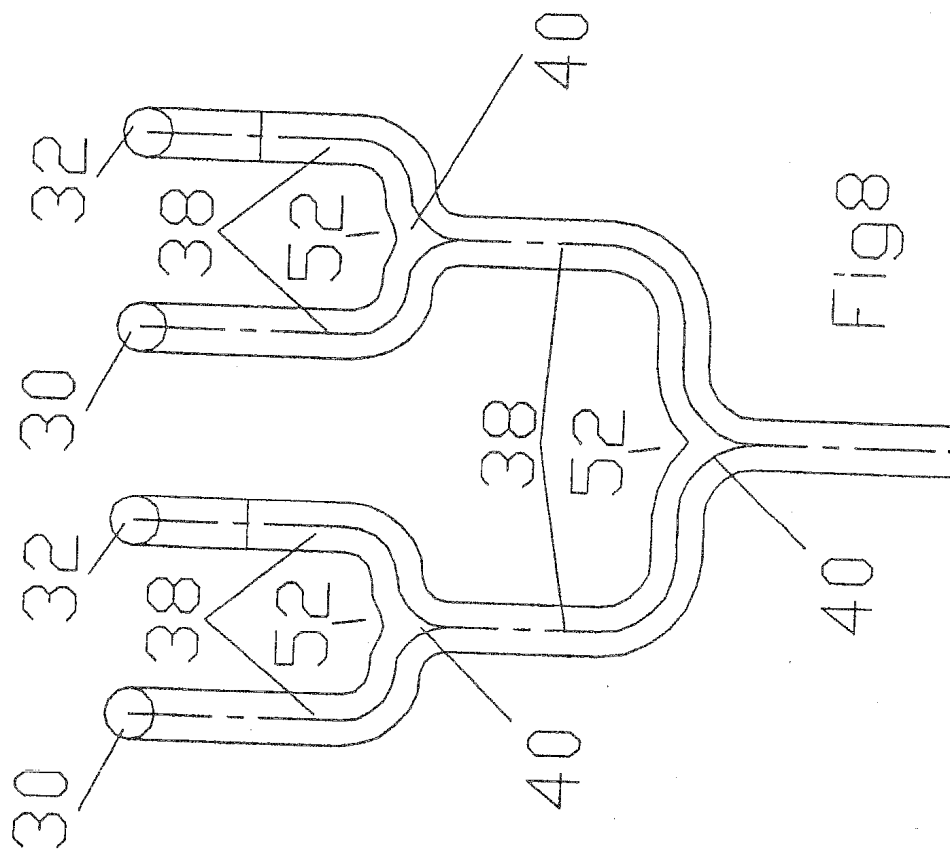


Fig 8